

УДК 911.9

**А. В. ХОЛОПЦЕВ**, д-р геогр. наук, проф., **А. А. АКСЕНОВА**

*Севастопольский национальный технический университет*

ул. Университетская, 33, 99033, Севастополь, Украина

khoptsev@mail.ru

## **СВЯЗИ МЕЖДУ ИЗМЕНЕНИЯМИ ИНДЕКСОВ АМО, TSA, TNA, NAO, АММ И CAR, А ТАКЖЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕМПЕРАТУР РАЙОНОВ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА ПРИ СОВРЕМЕННОМ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА**

Установлено, что за период современного потепления климата статистические связи между изменениями среднегодовых значений глобальных климатических индексов АМО, TSA, TNA, АММ и CAR, а также вариациями поверхностных температур некоторых районов Тропической зоны Индийского океана устойчиво усиливались. В тоже время связи с ними изменений индекса NAO ощутимо ослабли.

**Ключевые слова:** пространственно-временная изменчивость поверхностной температуры Атлантики, глобальные климатические индексы, статистический анализ.

## **Холопцев О. В., Аксьонова А. А. ЗВ'ЯЗОК МІЖ ЗМІНОЮ ІНДЕКСІВ АМО, TSA, TNA, NAO, АММ І CAR, А ТАКОЖ ПОВЕРХНЕВИХ ТЕМПЕРАТУР РАЙОНІВ ІНДІЙСЬКОГО ОКЕАНУ ПРИ СУЧАСНОМУ ПОТЕПЛІННІ КЛІМАТУ**

Виявлено, що статистичні зв'язку змін середньорічних значень глобальних кліматичних індексів АМО, TSA, TNA, NAO, АММ і CAR, які відображають значущі великомасштабні процеси взаємодії океану і атмосфери в Атлантиці та Індійському океані, являються стійкими. При цьому за період сучасного потепління клімату середньорічні значення індексу NAO знижувалися, а індексів TSA, CAR, TNA, АММ і АМО - збільшувалися.

**Ключові слова:** просторово-часова мінливість поверхневої температури Атлантики, глобальні кліматичні індекси, статистичний аналіз.

## **Holoptsev A. V., Aksenova A. A. COMMUNICATION BETWEEN CHANGE IN THE INDEX AMO, TSA, TNA, NAO, AMM AND CAR, AND SURFACE TEMPERATURE IN AREAS OF THE INDIAN OCEAN CURRENT CLIMATE WARMING**

Statistical relationships mean annual changes of global climate indices AMO, TSA, TNA, NAO, AMM and CAR showing significant large-scale interactions between ocean and atmosphere in the Atlantic and Indian Ocean are found. During the period of the modern warming average NAO index values are decreased, while the index TSA, CAR, TNA, AMM and AMO - increased.

**Keywords:** spatial and temporal variability of surface temperature of the Atlantic, the global climate indice, statistical analysis.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Крупномасштабные процессы взаимодействия океана и атмосферы являются важнейшими факторами изменений климата и ландшафтной оболочки нашей планеты [1, 2]. Поэтому развитие представлений о влиянии на взаимосвязи между ними такого глобального процесса, как современное потепление климата является актуальной проблемой физической географии.

Значительный интерес ее решение представляет для процессов, происходящих в Атлантическом океане, поскольку они оказывают непосредственное влияние на метео

условия и развитие ландшафтов Украины, как и прочих регионов Европы. Это влияние вызвано изменениями распределения поступающих в них потоков тепла и влаги, образующихся на поверхности Атлантики. Поэтому наиболее существенное влияние на изменения метеоусловий и ландшафтов оказывают факторы, обуславливающие пространственно-временную изменчивость ее средней поверхностной температуры (далее SST) [3, 4].

Исследования пространственно-временной изменчивости SST в Атлантическом океане были начаты в 1749 г. Г. Эллисом, Дж. Куком (1772 г.), О. Соссюром (1780 г.),

И. Ф. Крузенштерном (1803 г.) и др. [5, 6]. Современные представления о закономерностях этого процесса изложены в работах [1, 7, 8].

Одной из важнейших характеристик пространственно-временной изменчивости SST Северной Атлантики является ее среднее значение, аномалию которого принято рассматривать как глобальный климатический индекс АМО [9]. На ее изменения существенно влияет происходящее ныне увеличение содержания в атмосфере парниковых газов, приводящее к росту потока обратного теплового излучения, поглощаемого поверхностными водами океана [10]. К числу факторов изменчивости АМО могут относиться также и изменения годовых потоков тепла, поступающих в Северную Атлантику через экватор, с водами северной ветви Южно-Пассатного течения, а также части вод его южной ветви, которая вблизи мыса Сан Роки, образует Гвианское течение.

На изменения этих потоков тепла существенно влияют вариации SST акватории, ограниченной параллелями  $5^{\circ}\text{N}$  и  $20^{\circ}\text{S}$ , а также меридианами  $10^{\circ}\text{E}$  и  $30^{\circ}\text{W}$ , через которую проходят струи упомянутого течения, аномалия которой рассматривается как глобальный климатический индекс TSA [11]. Причинами изменений данного индекса является усиление парникового эффекта в Тропической зоне Южной Атлантики, а также вариации теплосодержания вод, приносимых в нее океаническими течениями. Среди этих причин могут быть вариации потока тепла поступающего в Тропическую зону Атлантики с водами Бенгельского течения, которое формируется у юго-западных побережий Африки, при слиянии соответствующей северной ветви течения Западных ветров, а также течения Мыса Игольного, приходящего из Индийского океана. Последнее ответвляется от течения Агульяс, которое образуется при слиянии Мадагаскарского и Мозамбикского течений, представляющих собой южные ветви Южно-Пассатного течения Индийского океана. В период действия зимних муссонов в их составе присутствуют также воды Муссонного течения. Поэтому определенное влияние на изменчивость TSA, способны оказывать вариации распределения SST в районах океанов, по которым проходят

Бенгельское течение, течение Мыса Игольного, а также перечисленные течения Индийского океана.

Благодаря распространению термических аномалий по системе поверхностных течений Северной Атлантики, изменения TSA способны влиять на состояние Североатлантического колебания [12] и вариации аномалий средних SST зоны Северной Атлантики, через которую проходит ее Северо-Пассатное течение определяющих значения индекса TNA [13]. По той же причине они влияют и на состояние атлантической меридиональной моды, характеризуемое индексом АММ [11].

Воды южной ветви Северо-Пассатного течения, а также течений приходящих из Южной Атлантики поступают в Карибское море, где формируется водный поток, следующий через Юкатанский пролив в Мексиканский залив и участвующий далее в образовании Гольфстрима. Поэтому непосредственное влияние на распределение SST, а также поле атмосферного давления над Северной Атлантикой оказывают изменения SST Карибского моря, аномалии средних значений которых рассматриваются как глобальный климатический индекс CAR [14].

Поскольку за период современного потепления климата произошло существенное увеличение в атмосфере парниковых газов, допустимо предполагать, что характеристики связей между изменениями SST перечисленных акваторий Атлантического и Индийского океанов, а также вариациями индексов АМО, TSA, NAO, TNA, АММ и CAR за это время могли измениться. Одной из важнейших характеристик всех рассматриваемых процессов являются среднегодовые значения соответствующих индексов, информация о которых может быть получена из [15, 16].

Систематический мониторинг изменчивости индексов АМО, TSA, TNA, АММ и CAR осуществляется с 1950 года. Информация об изменениях индекса NAO, а также SST рассматриваемых акваторий Атлантического и Индийского океана охватывает существенно больший период. Это позволяет исследовать изменения связей между данными процессами, произошед-

шие за период современного потепления климата. Результаты подобного исследования могли бы быть учтены при долгосрочном прогнозировании изменчивости состояний их, а также многих других физико-географических процессов, влияющих на развитие сельского, водного, лесного хозяйства Украины и гражданской защиты ее населения. Поэтому получение таких результатов представляло бы существенный теоретический и практический интерес.

Тем не менее, ранее подобных исследований не проводилось, что не позволяет при прогнозировании подобных процессов учитывать влияние упомянутых факторов адекватно.

Учитывая изложенное, в качестве **объекта** исследования выбраны изменения распределений SST и атмосферного давления в Атлантическом и Индийском океанах.

**Предметом** исследования являлись связи между изменениями индексов AMO, TSA, TNA, NAO, AMM и CAR, а также вариациями SST районов Тропической зоны Индийского океана, при современном потеплении климата.

**Целью** работы является совершенствование методики долгосрочного прогнозирования изменчивости среднегодовых

значений индексов AMO, TSA, TNA, AMM и CAR.

Для достижения указанной цели решены следующие **задачи**:

1. Выявление условий, при которых, на различных этапах современного потепления климата между изменениями среднегодовых значений индекса TSA, а также SST различных акваторий Южной Атлантики и тропической зоны Индийского океана, существовала значимая статистическая связь.

2. Выявление условий, при которых, на протяжении того же периода существовала устойчивая статистическая связь между изменениями среднегодовых значений индекса TSA, а также индексов AMO, TNA, NAO, AMM и CAR.

3. Оценка устойчивости выявленных связей между рассматриваемыми процессами на разных этапах периода современного потепления климата.

4. Оценка современных тенденций изменения среднегодовых значений TSA и разработка прогнозов тенденций изменчивости индексов AMO, TNA, NAO, AMM и CAR на период дальнейшего потепления климата.

### **ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

При решении первой и второй задачи, как фактический материал использованы временные ряды среднемесячных значений индексов AMO, TSA, TNA, NAO, AMM и CAR, представленные в [15], а также аномалий SST различных акваторий Южной Атлантики и тропической зоны Индийского океана, соответствующих всем квадратам их поверхности размером 5x5 угловых градусов [16]. Упомянутые ряды содержат информацию об изменении указанных характеристик за период с января 1950 по декабрь 2010 гг.

Анализ литературных источников [11-14], отражающих современные представления о рассматриваемых процессах, показал, что какие-либо основания полагать их стационарными, отсутствуют, вместе с тем изменения их статистических свойств происходят плавно. Это позволяет выбрать такие интервалы времени, на которых с

приемлемыми погрешностями их изменения можно полагать малыми, а как количественную меру связи между ними, использовать коэффициент парной корреляции.

Расчеты проводились для фрагментов временных рядов изучаемых процессов, соответствующих интервалам времени длительностью 22 года, поскольку при этом тенденции изменений их состояний, как правило, оставались практически неизменными.

Предполагалось, что на отрезке времени с 1973 по 2010 гг. (соответствующем периоду современного потепления климата) все изучаемые процессы стационарными не являются.

При решении первой задачи рассчитаны взаимнокорреляционные функции изменений среднегодовых значений TSA, а также всех квадратов акваторий Юго-Восточной Атлантики и аномалий SST ,

соответствующих фрагментам их временных рядов, при сдвигах между ними от 0 до 21 года. При этом полагалось, что изменения TSA является следствием, а рассматриваемые фрагменты их временных рядов начинаются с 1973 по 1989 гг. и заканчиваются в 1994 -2010 гг.

При решении второй задачи выполнены аналогичные расчеты, при которых изменения TSA рассматривались как причина. Рассматриваемые фрагменты временных рядов AMO, TNA, NAO, AMM и CAR учитывались как следствия, а изучавшиеся фрагменты их временных рядов соответствовали тем же интервалам времени. Фрагменты временных рядов TSA опережали их на 0 -21 год.

Вывод о наличии значимой статистической связи между некоторыми фрагментами сопоставляемых процессов делался при условии, что коэффициент их парной корреляции превышает значение 95% порога достоверной корреляции. Это значение было рассчитано по стандартной методике, с использованием критерия Стьюдента и учетом соответствующего числа их степеней свободы [17].

При решении третьей задачи, вывод об устойчивости статистической связи между рассматриваемыми фрагментами

временных рядов некоторой пары изучавшихся процессов делался при выполнении двух условий.

Первое состояло в том, что зависимость модуля коэффициента их корреляции от года начала фрагмента процесса-следствия, (изменявшегося с 1973 по 1989 гг.), должна была быть возрастающей. Вторым условием было превышение его значением, соответствующим фрагменту с 1989 по 2010 гг., 95% порога достоверной корреляции по критерию Стьюдента.

В ходе решения четвертой задачи как количественная характеристика тенденции того или иного процесса, рассматривался угловой коэффициент его линейного тренда, значение которого рассчитывалось в «скользящем окне» длиной 22 года, по методике [18].

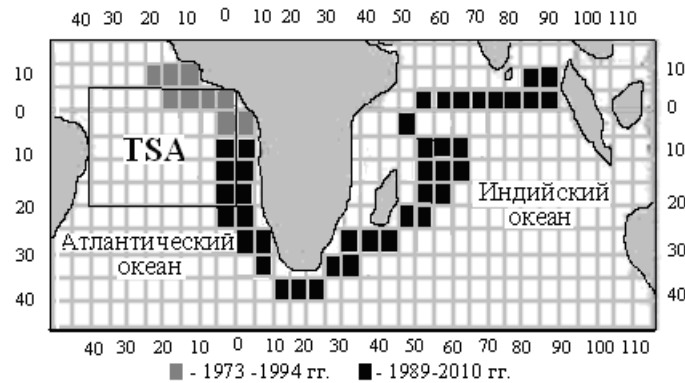
При прогнозировании тенденций изменений в будущем среднегодовых значений индексов AMO, TNA, NAO, AMM и CAR учитывались статистически устойчивые связи этих процессов с изменениями TSA, а также тенденции TSA, проявившиеся в период с 1989 по 2010 гг. Также предполагалось, что закономерности, определявшие динамику всех изучаемых процессов в прошлом, останутся таковыми и в будущем.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ**

В соответствии с изложенной методикой рассчитаны взаимокорреляционные функции всех фрагментов временных рядов среднегодовых значений TSA, начинающихся с 1973-1989 гг., а также фрагментов рядов аномалий SST во всех рассматривавшихся квадратах Юго-Восточной Атлантики и тропической зоны Индийского океана, опережающих их на 0-21 год. Это позволило выявить районы данных океанов, изменения SST которых значимо влияют на вариации TSA, а также оценить временные сдвиги между ними, при которых статистические связи рассматриваемых процессов являлись значимыми. На рис. 1 показаны расположения всех выявленных районов Атлантического и Индийского океана, в которых изменения аномалий SST значимо влияли на изменения TSA в периоды с 1973 по 1994 гг. и с 1989 по 2010 гг.

В период 1973 -1994 гг. (рис. 1) на изменения TSA значимо влияли изменения аномалий SST лишь в зоне Гвинейского течения. В период 1989-2010 гг. в область, оказывающую осязаемое влияние на изменения TSA, входят также все акватории Атлантики, через которые проходит Бенгельское течение, а также акватории Индийского океана, где расположены течения Мыса Игольного, Агульяс, Мадагаскарское, Мозамбикское, Муссонное и западная часть Южно-Пассатного течения.

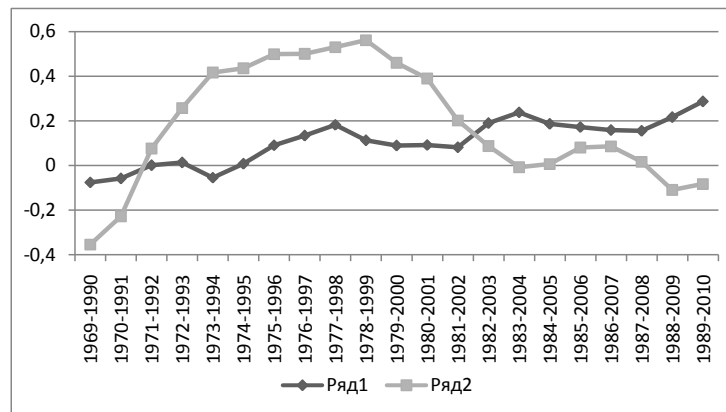
Причиной подобного явления могло явиться изменение соотношений между плотностями вод Гвинейского и Бенгельского течения, обусловленное существенным потеплением вод, переносимых последним, которое произошло в результате потепления вод течения Мыса Игольного и похолодания вод Северной ветви течения



**Рис. 1** – Акватории Атлантического и Индийского океана, изменения аномалий SST которых значимо влияли на изменения TSA в периоды с 1973 по 1994 гг. и с 1989 по 2010 гг.

Западных ветров. Как подтверждение наличия подобных изменений, на рис. 2 сопоставлены зависимости от года начала скользящего окна продолжительностью 22

года среднегодовых значений SST акваторий Южной Атлантики, через которые проходят воды упомянутых течений.



**Рис. 2** – Зависимости от года начала скользящего окна продолжительностью 22 года среднегодовых значений SST акваторий Южной Атлантики, через которые проходят воды течения Мыса Игольного (ряд 1) и северной ветви течения Западных ветров (ряд 2)

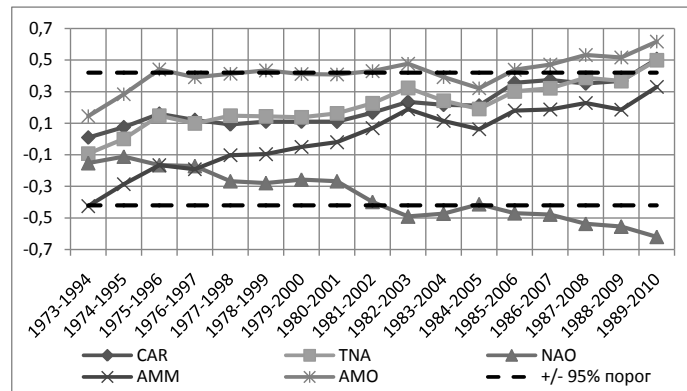
Изменения усредненных за 22 года аномалий среднегодовых значений SST в зоне течения Мыса Игольного и в зоне северной ветви течения Западных ветров (рис. 2) в период современного потепления климата были противоположными. Воды течения Мыса Игольного становились теплее, что приводило к уменьшению их плотности, а воды северной ветви течения Западных ветров холоднее (а значит и плотнее).

На рис. 3 представлены зависимости от года начала скользящего окна длиной 22 года совпадающих по времени фрагментов временных рядов, отражающих изменения среднегодовых значений TSA, а также CAR, TNA, NAO, AMM, AMO.

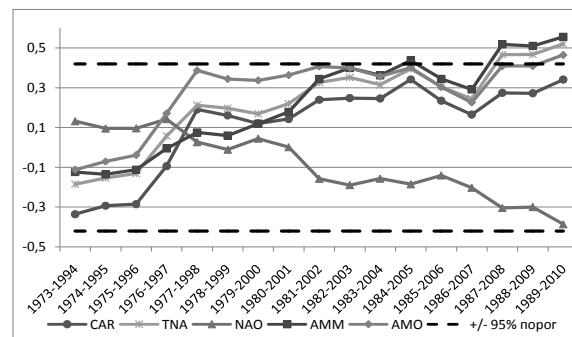
Изменения (рис. 3) в зависимости от времени всех представленных характеристик, кроме NAO, описываются монотонно возрастающими функциями.

Это подтверждает адекватность сделанного предположения и делает целесообразным рассмотрение аналогичных зависимостей, для случая, когда фрагмент ряда TSA опережает фрагменты рядов прочих индексов на 2 года (рис. 4).

Как следует из рис. 4, все представленные на нем зависимости являются монотонными. Статистическая связь изменений всех индексов, кроме CAR, а также изменений TSA, с опережением на 2 года устойчиво усиливается. При этом значения коэф-



**Рис. 3** – Зависимости от года начала скользящего окна длиной 22 года совпадающих по времени фрагментов временных рядов, отражающих изменения среднегодовых значений TSA, а также CAR, TNA, NAO, AMM, AMO



**Рис. 4** – Зависимости от года начала скользящего окна длиной 22 года фрагментов временных рядов, отражающих изменения значений коэффициента парной корреляции CAR, TNA, NAO, AMM, AMO, а также TSA, при сдвиге между ними 2 года

фициента парной корреляции с соответствующими фрагментами ряда TSA, фрагментов рядов TNA, AMM, AMO соответствующие периоду с 1989 по 2010 гг. заметно превышают уровень 95% порога по критерию Стьюдента. Для такого же фрагмента ряда NAO они практически достигли этого уровня и с последующих окнах наверняка превысят его. Это позволяет предполагать возможность построения прогнозов тенденций изменчивости среднегодовых значений индексов TNA, NAO, AMM и AMO, на период с 1991 по 2012 гг., основываясь на соответствующих данных об изменениях индекса TSA в период с 1989 по 2010 г.

Зависимость углового коэффициента линейного тренда 22-х летних фрагментов временного ряда среднегодовых значений индекса TSA от года их начала представлена на рис. 5.

Практически за весь период с 1963 по 2010 г. среднегодовые значения индекса TSA устойчиво возрастали (рис. 5). На интервале времени от 1985 по 2010 гг. их рост происходит с ускорением. Поскольку значения скорости увеличения TSA изменялись волнообразно с периодом 10-12 лет, это позволяет предполагать, что и в ближайшие годы их быстрый рост продолжится. Это позволяет прогнозировать на 2012 год дальнейшее снижение среднегодовых значений индекса NAO, а также рост индексов TNA, AMM и AMO. Подобные прогнозы изменений индекса NAO позволяют ожидать усиления циклонической активности над Украиной в летние месяцы и ее ослабление в зимние (поскольку при этом смещения атлантических и средиземноморских циклонов к северу в процессе их движения на восток уменьшатся). Это может привести к уменьшению толщины снежного

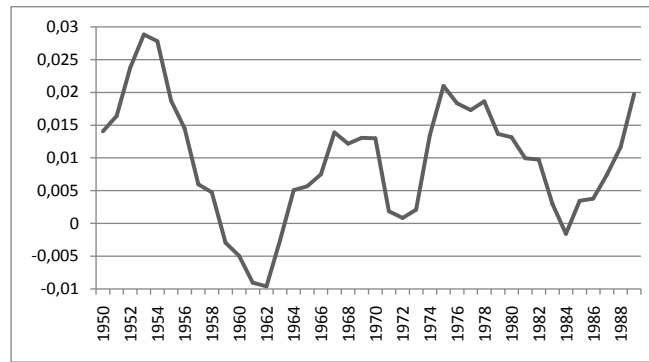


Рис. 5 – Изменения значений углового коэффициента линейного тренда 22-х летних фрагментов временного ряда среднегодовых значений индекса TSA в зависимости от года их начала

покрова, сформировавшегося за зимние месяцы, наиболее ощутимому в южных регионах Украины, и, как следствие, ухудшению условий зимовки посевов озимых, но уменьшит риск возникновения мощных весенних половодий на ее реках. Летние месяцы 2012 года, вероятно, будут более дождливыми, чем в 2010 и 2011 годах, погода будет более переменчивая.

Могут увеличиться и экстремальные значения температур воздуха, поскольку вероятное увеличение среднегодовых значений индексов TNA и AMO вызовет увеличение содержания в воздушных массах, участвующих в западном переносе, а также

циклонах, не только водяного пара, но и тепла.

Прогнозируемое увеличение среднегодовых значений индекса АММ, по-видимому, приведет к увеличению мощи вест-индских ураганов и способно причинить ощутимый ущерб США и странам Карибского бассейна.

Учитывая выявленные устойчивые статистические связи изменений среднегодовых значений TSA, а также аномалий SST акваторий Юго-Восточной Атлантики и тропической зоны Индийского океана, аналогичные прогнозы могут быть построены также для периодов до 2004-2025 г.

### ВЫВОДЫ

1. За период современного потепления климата распределение SST в Юго-Восточной части Атлантики существенно изменилось, что привело к повышению температуры вод Бенгельского течения и значительному увеличению суммарной площади акваторий Мирового океана, оказывающих влияние на формирование потока тепла, приносимого в Северную Атлантику водами Южно-Пассатного течения.

2. К числу подобных акваторий ныне относятся не только многие районы Юго-Восточной Атлантики, но и тропической зоны Индийского океана.

3. Повышение SST этих акваторий, обусловленное усилением парникового эффекта, с запаздыванием, достигающим 8 лет, приводит к увеличению упомянутого потока, что вызывает устойчивое усиление его влияния на все крупномасштабные процессы взаимодействия океана и атмосферы, протекающие в Северной Атлантике.

4. Выявленные статистические связи изменений среднегодовых значений индексов TSA, а также CAR, TNA, NAO, AMM, AMO являются устойчивыми и, при дальнейшем потеплении глобального климата, будут лишь усиливаться, что позволяет надеяться на повышение адекватности прогнозов этих и других связанных с ними физико-географических процессов, которые их учитывают.

5. Представляется вероятным, что в ближайшие годы, при дальнейшем усилении парникового эффекта, среднегодовые значения индекса NAO будут снижаться, а индексов TSA, CAR, TNA, AMM и AMO – увеличиваться, что окажет существенное влияние на метеоусловия, а также особенности развития земледелия, лесного и водного хозяйства всех регионов Северного полушария, расположенных в зоне влияния Атлантики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полонский А.Б. Роль океана в изменениях климата. / А. Б. Полонский. – К.: Наукова думка, 2008. – 184 с.
2. Пащенко В.М. Теоретические проблемы ландшафтоведения. / В. М. Пащенко. – К.: Наукова Думка, 1993. – 283 с.
3. Climate Change 2007 – Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to Assessment Report Four of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). Cambridge University Press. – Cambridge. UK, 2007. – 973 p.
4. Enfield D. B., Mestas A. M., Mayer D. A., Cid-Serrano L. How ubiquitous is the dipole relationship in tropical Atlantic sea surface temperatures? // JGR-O. – 1999. – Vol.104. – P. 7841-7848.
5. Жуков Л. А. Общая океанология. / Л. А. Жуков. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 376 с.
6. Крузенштерн И. Ф. Путешествие вокруг света в 1803, 1804, 1805 и 1806 годах на кораблях «Надежда» и «Нева». / И. Ф. Крузенштерн. – М.: Дрофа, 2007. – 589 с.
7. Бурков В. А. Гидрологическая характеристика Атлантического океана / В.А Бурков. – М.: Наука, 1982. – 560 с.
8. Bigg G. R., Jickells T. D., Liss P. S., Osborn T. J. The role of the Oceans in Climate // Int. J. of Climatology. – 2003. – V 23, №10. – P. 1127-1160.
9. Enfield D. B., Mestas-Nunez A.M., Trimble P.J. The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S. // Geophys. Res. Lett. – 2001. – Vol.28. – P. 2077-2080.
10. Парниковый эффект, изменения климата и экосистем / под ред. Б. Болина. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 551 с.
11. Chiang J. C., Vimont D. J. Analogous meridional modes of atmosphere-ocean variability in the tropical Pacific and tropical Atlantic // J. Climate. – 2004. – Vol.17, Issue 21. – P. 4143-4158.
12. Hurrell J. W. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation and relationships to regional temperature and precipitation // Science. – 1995. – Vol.269. – P. 676-679.
13. Xie S.-P. A dynamic ocean-atmosphere model of the tropical Atlantic decadal variability // J. Climate. – 1999. – Vol.12. – P. 64– 70.
14. Penland C., Matrosova L. Prediction of tropical Atlantic sea surface temperatures using Linear Inverse Modeling // J. Climate. – 1998. – March. – P. 483-496.
15. <http://www.cdc.noaa.gov/>
16. <http://www.dss.ukar.edu/>
17. Рао С. Р. Линейные статистические методы и их применения. / С.Р. Рао. – М.: Наука, 1968. – 376 с.
18. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. / А.И Кобзарь. – М.: Физматлит, 2006. — 816 с.

Надійшла до редколегії 15.03.2013

УДК 911.2:551.526.6

**А. В. ХОЛОПЦЕВ**, д-р геогр. наук, проф., **М. П. НИКИФОРОВА**, **Т. А. ЖУКОВА**

*Севастопольский национальный технический университет*

ул. Университетская, 33, 99033, Севастополь, Украина

kholoptsev@mail.ru

**ИЗМЕНЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГОДОВЫХ ТЕМПЕРАТУР  
ПОВЕРХНОСТИ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА ПРИ СОВРЕМЕННОМ ПОТЕПЛЕНИИ  
КЛИМАТА**

В период современного потепления климата поверхностные температуры многих акваторий Индийского океана устойчиво повышались, что было вызвано снижением интенсивности его апвеллингов. В XXI веке на значительной части акватории океана в этом процессе проявились противоположные тенденции, что вследствие действия глобального теплового океанического конвейера уже привело к уменьшению потока тепла, поступающего из Индийского океана в Южную Атлантику.

**Ключевые слова:** Индийский океан, распределение, среднегодовые, аномалия, поверхностная температура, апвеллинг, Глобальный тепловой океанический конвейер, похолодание, потепление, климат

© Холопцев А. В., Никифорова М. П., Жукова Т. А., 2013